

При использовании в сепараторе модульного исполнения ЛИМ возможно совмещение предлагаемых способов. В этом случае можно добиться снижения энергопотребления установок в несколько раз.

Список использованных источников

1. Технология твердых бытовых отходов / Л. Я. Шубов, М. Е. Ставровский, А. В. Олейник. – М. : Альфа-М, Инфра-М, 2011. 400 с.
2. Сайт Евростата [in Russian] [Электронный ресурс]. URL: http://data.trendeconomy.ru/eurostat/env_wastrt (дата обращения 15.05.2017).
3. Ильиных Г. В., Устьянцев В. А., Вайсман Я. И. Построение материального баланса линии ручной сортировки твердых бытовых отходов // Экология и промышленность России. 2012. № 1. С. 22–25.
4. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов / А. А. Патрик, Н. Н. Мурахин, А. Ю. Коняев и др. // Промышленная энергетика. 2001. № 6. С. 16–19.

УДК 621.314.5

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

ENERGY SAVING EFFECT OF APPLICATION OF ELECTRICITY TRANSMISSIONS ON THE DIRECT CURRENT

Агапов В. А.¹, Копылов Д. А.²

¹Оренбургский государственный университет, Оренбург,

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург,
vladagap2103@gmail.com

Agapov V. A.¹, Kopylov D. A.²

¹The Orenburg state university, Orenburg,

²Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI",
St. Petersburg

Аннотация: Целью работы является: доказать целесообразность применения электропередач на постоянном токе путем технико-экономического сравнения. В данной статье рассматриваются способы, при которых наиболее рационально применять электропередачи на постоянном токе путем анализа достоинств и недостатков двух видов электропередач. Также проводится технико-экономическое сравнение двух видов электропередач, после чего выявлены границы применимости постоянного и переменного тока.

Abstract: The purpose of operation is: to prove feasibility of application of electricity transmissions on a direct current by technical and economic comparing. In this article methods in case of most of which rationally to apply electricity transmissions on a direct current by the analysis of merits and demerits of two types of electricity transmissions are considered. Also technical and economic comparing of two types of electricity transmissions then boundaries of applicability of a direct and alternating current are revealed is carried out.

Ключевые слова: *линии постоянного тока, линии переменного тока, высоковольтные линии электропередач, пропускная способность, технико-экономическое обоснование.*

Key words: *lines of a direct current, line of an alternating current, high-voltage power lines, throughput, feasibility study.*

В настоящее время рассматриваются международные проекты объединения энергосистем заинтересованных стран, что позволит наиболее экономично реализовывать избытки электроэнергии каждого участника объединения, а также осуществлять взаимную помощь при внештатных ситуациях, например, в послеаварийных режимах работы отдельных энергосистем.

Анализируя достоинства и недостатки [1], рассмотрев проблемы [2], можно выявить основные области применения постоянного тока:

1. Подводные кабели, высокое емкостное сопротивление которых вызывает в случае переменного тока дополнительные потери.

2. Передача электроэнергии между конечными точками, отстоящими на большие расстояния друг от друга, без использования промежуточного оборудования.

3. Увеличение мощности существующих электрических сетей в ситуациях, когда прокладка дополнительных линий затруднена, или требует слишком больших затрат.

4. Передача электроэнергии между не синхронизированными системами распределения переменного тока.

5. Уменьшение сечения проводов и высоты вышек при заданной мощности передачи электроэнергии.

6. Снижение потерь, связанных с коронными разрядами.

7. Снижение стоимости линий, поскольку передача постоянного тока высокого напряжения требует меньшего количества проводников.

8. Облегчение передачи энергией между странами, которые используют разные частоты промышленной сети [2].

Для того, чтобы сделать вывод о применении конкретного вида тока при определенной передаче, производят технико-экономический расчет. На первом этапе дается оценка потерям в линии. Произведем сравнение потерь на переменном и постоянном токе. В расчет примем кабельную линию «Восток-Запад». Она имеет протяженность 262 км, мощность 500 МВт, напряжение ± 400 кВ [3]. Следует учитывать эквивалентность переменного напряжения постоянному напряжению. $U_{\text{перем}} = 330 \text{ кВ} \sim U_{\text{пост}} = 400 \text{ кВ}$.

Производится расчет потерь по формулам:

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} R, \quad (1)$$

$$\Delta Q = \frac{S^2}{U^2} X, \quad (2)$$

где R , X – погонное активное и индуктивное сопротивление линии, Ом;

для линии переменного тока:

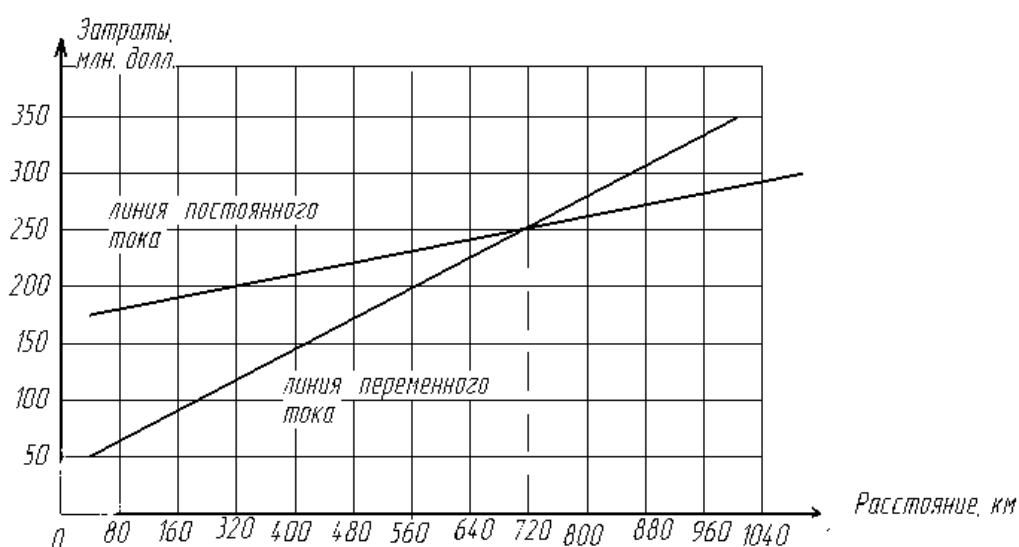
$$\Delta P = \frac{625^2}{330^2} 0.02 \cdot 262 = 21.9 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q = \frac{625^2}{330^2} 0.15 \cdot 262 = 164,5 \text{ квар; } \Delta S = \sqrt{21.9^2 + 164.5^2} = 165,8 \text{ кВА}$$

Для линии постоянного тока:

$$\Delta P = \frac{500^2}{400^2} 0.02 \cdot 262 = 8,2 \text{ кВт}$$

Далее производится экономический расчет. Для расчета возьмем воздушную линию. В отличие от линии переменного тока, затраты не будут так сильно возрастать от расстояния, что можно графически увидеть на рисунке. Для расчета была взята линия мощностью 5000 МВт, напряжением ± 800 кВ. После 720 км применение постоянного тока становится выгоднее и с каждым километром эта выгода неуклонно увеличивается (рисунок) [4]. Это подтверждает примерно ранее рассчитанные данные по источнику [5].



Графики зависимостей затрат от расстояния

Капитальные затраты на выпрямительные и инверторные подстанции значительно больше затрат подстанций на переменном токе. Однако ЛПТ обойдется значительно дешевле, нежели чем линия переменного тока. Это связано с тем, что в линии постоянного тока меньшее количество проводов (применяют два провода, вместо трех, а также отсутствует скин-эффект, соответственно, необходимость в расщеплении фаз), изоляторов, линейной арматуры, опоры облегчены и отсутствуют устройства компенсации реактивной мощности [5].

Заключение.

1. В ходе сравнения достоинств и недостатков были выявлены перспективы применения передач на постоянном токе (Объединение ЭЭС на различных частотах, передача больших мощностей в отдаленные районы, возможность передачи между несинхронизированными системами).

2. В результате технико-экономического исследования выяснилось, что передача постоянным током значительно выигрывает в данных случаях. Потери на постоянном токе составляют менее 3 % на каждые 100 км, что дает выгоду с линией переменного тока в 20 %. В ходе экономического расчета установилось, что граница расстояний зависит от класса напряжения и лежит в пределах 500–1200 км. При расстоянии 2000 км можно получить выгоду в \$230 млн.

Список использованных источников

1. Агапов, В. А. Назад в будущее: электроснабжение постоянным током [Текст] / В. А. Агапов, С. В. Митрофанов, С. К. Алешина // Электрика. 2014. № 9. С. 8–11.
2. Агапов, В. А. Проблемы обоснования линий электропередач постоянного тока / В. А. Агапов, С. В. Митрофанов // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: труды VII Всероссийской научно-технической конференции. Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2014. С. 150–153.
3. Advantages of HVDC over HVAC transmission // Electrical Engineering Portal [Электронный ресурс] URL: <http://electrical-engineering-portal.com/advantages-of-hvdc-over-hvac-transmission> (дата обращения: 13.09.17)
4. Высоковольтные линии постоянного и переменного тока. Генерация напряжения в электротехнике. Часть 1 // Стабилизаторы напряжения OBERON [Электронный ресурс] URL: <http://www.стабилизатор.рф/reference/tech-articles/327-direct-current-lines-01> (дата обращения: 10.09.17)
5. Агапов, В. А. Техничко-экономическое сравнение линий постоянного и переменного тока [Текст] / В. А. Агапов, Д. А. Копылов, С. В. Митрофанов // Интеллектуальные энергосистемы. 2016. Т. 2. С. 350–354.